

**Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2×2
Patch Persegi Panjang Untuk Aplikasi LTE 2,3 GHz**

Oleh

Muhamad Asra Gupita

NIM: 612013038



Skripsi

Untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer

Universitas Kristen Satya Wacana

Salatiga

November 2018

**Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2×2
Patch Persegi Panjang Untuk Aplikasi LTE 2,3 GHz**

Oleh

Muhamad Asra Gupita

NIM: 612013038

Skripsi ini telah diterima dan disahkan
Untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

dalam

Konsentrasi Telekomunikasi

Program Studi Teknik Elektro

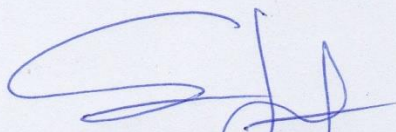
Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer

Universitas Kristen Satya Wacana

Salatiga

1956
Disahkan oleh :

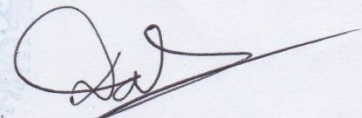
Pembimbing I



Eva Yovita Dwi Utami, M.T.

Tanggal : 19-11-2018

Pembimbing II



Ir. F. Dalu Setiaji, M.T.

Tanggal : 22/11/2018



PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMAD ASRA GUPITA
NIM : 612013038 Email : 612013038@student.uksw.edu
Fakultas : TEKNIK ELEKTRONIKA DAN KOMPUTER Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Judul tugas akhir : RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP
MIMO 2X2 patch persegi panjang untuk
Aplikasi LTE 2,3 GHz

Dengan ini saya menyerahkan hak *non-eksklusif** kepada Perpustakaan Universitas – Universitas Kristen Satya Wacana untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak yang sesuai):

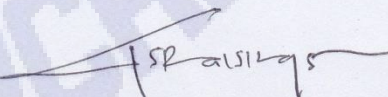
- ☐ a. Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA
- ☒ b. Saya tidak mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA**

* Hak yang tidak terbatas hanya bagi satu pihak saja. Pengajar, peneliti, dan mahasiswa yang menyerahkan hak non-eksklusif kepada Repositori Perpustakaan Universitas saat mengumpulkan hasil karya mereka masih memiliki hak copyright atas karya tersebut.

** Hanya akan menampilkan halaman judul dan abstrak. Pilihan ini harus dilampiri dengan penjelasan/ alasan tertulis dari pembimbing TA dan diketahui oleh pimpinan fakultas (dekan/kaprodi).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

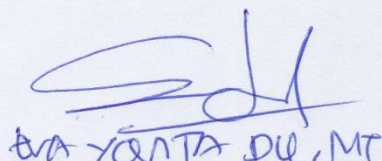
Salatiga, 22 November 2018



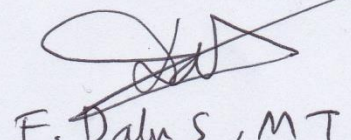
MUHAMAD ASRA GUPITA

Tanda tangan & nama terang mahasiswa

Mengetahui,


F. Dahus, MT

Tanda tangan & nama terang pembimbing I


F. Dahus, MT

Tanda tangan & nama terang pembimbing II

SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eva Yovita Dwi Utami, M.T

NIP : 2005038

Selaku pembimbing dari mahasiswa :

Nama : Muhamad Asra Gupita

NIM : 612013038

Judul skripsi : Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Patch Persegi Panjang Untuk Aplikasi LTE 2,3 GHz

Menerangkan bahwa karya tugas akhir tersebut di atas tidak diizinkan untuk diunggah ke dalam aplikasi Repository Perpustakaan Universitas dan/atau portal GARUDA dengan alasan karya tugas akhir tersebut akan dipublikasikan di jurnal lain.

Demikian surat keterangan ini di buat dengan sebenarnya agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Salatiga, 26 November 2018

Mengetahui,

Yang menerangkan,


Andreas A. Febrianto, M.T

Kaprogdi Teknik Elektro


Eva Yovita Dwi Utami, M.T

Pembimbing

1956



PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS
UNIVERSITAS KRISTEN SATYA WACANA
Jl. Diponegoro 52 - 60 Salatiga 50711
Jawa Tengah, Indonesia
Telp. 0298 - 321212, Fax. 0298 321433
Email: library@adm.uksw.edu ; http://library.uksw.edu

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMAD ASKA GUPITA
NIM : 612013038 Email : 612013038@student.uksw.edu
Fakultas : T. ELEKTRONIKA dan Komputer Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Judul tugas akhir : Pancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2/2
Patch Persegi Panjang untuk Aplikasi LTE
2,3 GHz
Pembimbing : 1. Eva Yovita Dwi Utami, M.T
2. Ir. F. Dalu Setiaji, M.T

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Kristen Satya Wacana maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Kristen Satya Wacana.

Salatiga, 22 November 2018


MATERAI
TEMPEL
F003DAEF095179445
6000
ENAM RIBU RUPIAH
M. Aska Gupta

INTISARI

Antena berfungsi sebagai pemancar gelombang elektromagnetik dari udara bebas ataupun penerima gelombang elektromagnetik dari udara bebas. LTE yang berkerja pada frekuensi 2,3 GHz merupakan teknologi telekomunikasi yang sedang dikembangkan saat ini. Pada skripsi ini akan dirancang antena mikrostrip MIMO 2×2 *patch* persegi panjang yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dengan $VSWR \leq 2$ dan mempunyai *gain* minimal 3 dB. Antena ini disimulasikan dengan *software Computer Simulation Tools (CST) Microwave Studio 2016*. Dari hasil pengukuran antena yang dirancang, antena memiliki nilai *VSWR* sebesar 1,059 dan *gain* sebesar 3,483 dB. *Bandwidth* antena ini adalah 60 MHz (2,27 MHz - 2,33 MHz). Antena ini juga memiliki nilai *return loss* dan *mutual coupling* masing-masing sebesar -22,943 dB dan -29,08 dB pada frekuensi 2,3 GHz.

ABSTRACT

Antenna is defined as radiating on air or receiving electromagnetic waves from air. LTE at 2,3 GHz frequency is communication technology that are being developed. In this final project rectangular microstrip MIMO 2×2 is desinged. Antena operates at 2,3 GHz with $VSWR \leq 2$ and minimum gain of antenna is 3 dB. Antenna simulated on Computer Simulation Tools (CST) Microwave Studio 2016 as the software. Based on the result of measurement antenna, VSWR of antenna is 1,059 and 3,483 dB of antenna gain. bandwidth of 60 MHz (2,27 MHz - 2,33 MHz). The return loss antenna is -22,943 dB at frequency 2,3 GHz and The mutual coupling antenna is -29,08 dB at frequency 2,3 GHz.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dari tahap perancangan sampai penulisan skripsi. Skripsi ini sebagai syarat kelulusan di Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer Universitas Kristen Satya Wacana. Skripsi ini dapat berjalan lancar karena dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak M. Basri dan Ibu Sri Endarwati, orang tua tersayang yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materiil.
2. Ibu Eva Yovita Dwi Utami, M.T. selaku pembimbing I, yang telah meluangkan waktu untuk memberi bimbingan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Ir. F. Dalu Setiaji, M.T selaku pembimbing II, yang telah meluangkan waktu untuk memberi bimbingan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Ir. Yuyu Wahyu, M.T yang telah membantu dalam proses penyelesaian antenna di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (PPET-LIPI) Bandung.
5. Siti Hufita dan Nindi Ardy Puspita yang selalu memberi semangat dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Angelita Dinda dan Dinindira, teman keluh kesah dalam pembuatan skripsi dari awal sampai akhir yang selalu memberi motivasi dan dukungan dalam penyelesaian skripsi.
7. Keluarga 2013 (Candra, Dhery, Ikhsan, Tito, Albert T.T, Febrian, Anton, Albert, Nico, Frans, Dicky, Eto, Joy, Hendra, Dennis, Yoga, Nendyo, Gam, Riki, Riko, Ivan Bolung, Ezra, Danta, Gandi, Dipta, Bagus, Akbar, Reza, Rere, Rara, Oliv, Tectona, Andre, dll) dan masih banyak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, teman-teman seperjuangan yang selalu memberi dukungan dan motivasi.
8. Keluarga besar FTEK, kakak angkatan dan adik angkatan, yang turut membantu proses perkuliahan dan penulisan skripsi ini.

9. Seluruh dosen, karyawan dan laboran FTEK yang telah banyak mendukung, membantu dan serta memfasilitasi penulis selama belajar di FTEK UKSW.
10. Berbagai pihak yang terkait yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, penulis mengucapkan terimakasih.

Tentunya dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna karena kekurangan yang penulis miliki. Penulis membutuhkan kritik dan saran yang membangun demi kebaikan di masa depan. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk penulis sendiri dan pembaca.

Salatiga, November 2018

Penulis



DAFTAR ISI

INTISARI	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SIMBOL	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Tujuan.....	1
1.2. Latar Belakang.....	1
1.3. Spesifikasi Alat.....	2
1.4. Sistematika Penulisan	2
BAB II DASAR TEORI	3
2.1. Antena.....	3
2.2. Antena Mikrostrip.....	3
2.3. Antena Mikrostrip <i>Patch</i> Persegi Panjang.....	4
2.4. Teknik Pencatuan Antena Mikrostrip.....	6
2.5. Parameter Antena Mikrostrip	7
2.5.1 <i>VSWR</i>	7
2.5.2 <i>Return Loss</i>	7
2.5.3 <i>Bandwidth</i>	8
2.5.4 Impedansi Masukan.....	8
2.5.5 Pola Radiasi.....	9
2.5.6 <i>Gain</i>	9
2.6. <i>Multiple Input Multiple Output</i>	10
2.7. Prosedur pengukuran antena.....	10
2.7.1 Pengukuran <i>Port</i>	11
2.7.2 Pengukuran <i>Gain</i>	11
2.7.3 Pengukuran Pola Radiasi.....	12
BAB III PERANCANGAN ALAT DAN SIMULASI.....	13

3.1. Peralatan yang Digunakan	13
3.1.1. Perangkat Keras.....	13
3.1.2. Perangkat Lunak.....	13
3.2. Jenis Substrat yang Digunakan	14
3.3. Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 2×2.....	14
3.3.1. Diagram Alir Perancangan Antena Mikrostrip MIMO 2×2.....	14
3.3.2. Menentukan Spesifikasi Antena.....	16
3.3.3. Perhitungan Dimensi <i>Patch</i> Antena.....	16
3.3.4. Perhitungan Dimensi <i>Microstrip Line Feed</i>	17
3.3.5. Perhitungan Dimensi <i>Ground Plane</i>	18
3.3.6. Simulasi.....	19
3.3.7. Optimasi Antena Elemen Tunggal	19
3.3.8. Hasil Simulasi Antena Elemen Tunggal	26
3.3.9. Perancangan Antena MIMO 2 × 2	28
3.3.10. Optimasi Antena MIMO 2 × 2	31
3.3.11. Hasil Optimasi Antena MIMO 2 × 2	32
BAB IV PENGUKURAN ALAT DAN ANALISIS	35
4.1. Hasil Pengukuran Antena	35
4.1.1. Pengukuran <i>Return Loss</i> , <i>Mutual Coupling</i> dan <i>VSWR</i>	36
4.1.1.1. Hasil Pengukuran <i>Return Loss</i>	36
4.1.1.2. Hasil Pengukuran <i>Mutual Coupling</i>	37
4.1.1.3. Hasil Pengukuran <i>VSWR</i>	38
4.1.1.4. Hasil Pengukuran Impedansi	38
4.1.2. Pengukuran <i>Gain</i>	39
4.1.3. Pengukuran Pola Radiasi	40
4.2. Analisis Hasil pengukuran.....	41
4.2.1. Hasil Pengukuran Antena MIMO 2×2	41
4.2.2. Hasil Pengujian Antena MIMO 2×2	43
4.2.2.1. Pengujian Tingkat Daya Terima.....	43
4.2.2.2. Pengujian Kecepatan <i>Download</i>	44
4.3. Analisis Kesalahan Umum	45
BAB V KESIMPULAN.....	46
DAFTAR PUSTAKA	48

LAMPIRAN.....	49
---------------	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur antenna mikrostrip	3
Gambar 2.2 <i>patch</i> antenna [2]	4
Gambar 2.3 <i>Microstrip Line Feed</i> [2]	6
Gambar 2.4 konfigurasi pengukuran <i>Port</i>	11
Gambar 2.5 konfigurasi pengukuran <i>gain</i> antenna.....	11
Gambar 3.1 Diagram alir perancangan.....	14
Gambar 3.2 Antenna mikrostrip MIMO 2×2 <i>patch</i> persegi panjang.....	15
Gambar 3.3 Bentuk perancangan awal antenna elemen tunggal	18
Gambar 3.4 <i>Return loss</i> simulasi antenna elemen tunggal	18
Gambar 3.5 <i>VSWR</i> simulasi antenna elemen tunggal.....	19
Gambar 3.6 Impedansi simulasi antenna elemen tunggal	19
Gambar 3.7 Bentuk perancangan awal antenna elemen tunggal dengan <i>inset feed</i>	20
Gambar 3.8 <i>Return loss</i> simulasi antenna elemen tunggal dengan <i>inset feed</i> ..	21
Gambar 3.9 <i>VSWR</i> simulasi antenna elemen tunggal dengan <i>inset feed</i>	21
Gambar 3.10 Impedansi simulasi antenna elemen tunggal dengan <i>inset feed</i> ..	21
Gambar 3.11 <i>Return loss</i> optimasi terhadap nilai panjang <i>patch</i>	22
Gambar 3.12 <i>VSWR</i> optimasi terhadap nilai panjang <i>patch</i>	22
Gambar 3.13 Impedansi antenna optimasi terhadap nilai panjang <i>patch</i>	23
Gambar 3.14 <i>Return loss</i> optimasi terhadap nilai lebar <i>patch</i>	23
Gambar 3.15 <i>VSWR</i> optimasi terhadap nilai lebar <i>patch</i>	24
Gambar 3.16 Impedansi antenna optimasi terhadap nilai lebar <i>patch</i>	24
Gambar 3.17 <i>Return loss</i> optimasi terhadap nilai <i>Inset feed</i>	25
Gambar 3.18 <i>VSWR</i> optimasi terhadap nilai <i>Inset feed</i>	25
Gambar 3.19 Impedansi optimasi terhadap nilai <i>Inset feed</i>	25
Gambar 3.20 Bentuk perancangan antenna elemen tunggal.....	26
Gambar 3.21 Hasil simulasi <i>return loss</i> dan <i>bandwidth</i> elemen tunggal	27
Gambar 3.22 Hasil simulasi <i>VSWR</i> elemen tunggal.....	27
Gambar 3.23 Hasil simulasi impedansi elemen tunggal.....	27
Gambar 3.24 Hasil simulasi <i>gain</i> elemen tunggal	28

Gambar 3.25 Hasil simulasi pola radiasi elemen tunggal (a) <i>elevasi</i> (b) <i>azimuth</i>	28
Gambar 3.26 Bentuk perancangan antenna MIMO 2×2	29
Gambar 3.27 <i>Return loss</i> dan <i>mutual coupling</i> antenna MIMO 2×2	29
Gambar 3.28 <i>VSWR</i> antenna MIMO 2×2	29
Gambar 3.29 <i>Bandwidth</i> antenna MIMO 2×2	30
Gambar 3.30 Impedansi antenna MIMO 2×2	30
Gambar 3.31 <i>Gain</i> antenna MIMO 2×2	30
Gambar 3.32 Hasil simulasi <i>return loss</i> dan <i>mutual coupling</i> antenna MIMO 2×2	32
Gambar 3.33 Hasil simulasi <i>VSWR</i> antenna MIMO 2×2	32
Gambar 3.34 Hasil simulasi <i>bandwidth</i> antenna MIMO 2×2	33
Gambar 3.35 Hasil simulasi impedansi antenna MIMO 2×2	33
Gambar 3.36 Hasil simulasi <i>gain</i> antenna MIMO 2×2	33
Gambar 3.37 Hasil simulasi pola radiasi antenna MIMO 2×2 (a) <i>elevasi</i> (b) <i>azimuth</i>	34
Gambar 4.1 Hasil fabrikasi antenna MIMO 2×2	35
Gambar 4.2 Hasil pengukuran <i>return loss</i> dan <i>bandwidth</i> antenna MIMO 2×2	36
Gambar 4.3 Hasil pengukuran <i>mutual coupling</i> antenna MIMO 2×2	37
Gambar 4.4 Hasil pengukuran <i>VSWR</i> antenna MIMO 2×2	38
Gambar 4.5 Hasil pengukuran Impedansi antenna MIMO 2×2	38
Gambar 4.6 Hasil pola radiasi sudut <i>azimuth</i> antenna MIMO 2×2	40
Gambar 4.7 Hasil pola radiasi sudut <i>elevasi</i> antenna MIMO 2×2	40
Gambar 4.8 Grafik perbedaan nilai <i>VSWR</i> hasil pengukuran dan simulasi antenna MIMO 2×2	41
Gambar 4.9 Grafik perbedaan nilai <i>return loss</i> hasil pengukuran dan simulasi antenna MIMO 2×2	42
Gambar 4.10 Grafik perbedaan nilai <i>mutual coupling</i> hasil pengukuran dan simulasi antenna MIMO 2×2	42

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Karakteristik bahan substrat	14
Tabel 3.2 Hasil perhitungan dimensi antena	18
Tabel 3.3 Optimasi ukuran panjang <i>patch</i>	23
Tabel 3.4 Optimasi ukuran lebar <i>patch</i>	24
Tabel 3.5 Optimasi ukuran <i>inset feed</i>	25
Tabel 3.6 Optimasi antena MIMO 2×2	31
Tabel 4.1 Hasil pengukuran <i>gain</i> antena MIMO 2×2	39
Tabel 4.2 Perbandingan nilai hasil pengukuran dan hasil simulasi antena MIMO 2×2	43
Tabel 4.3 Hasil pengujian tingkat daya terima antena MIMO 2×2 pada <i>mobile wifi</i>	44
Tabel 4.4 Hasil pengujian Kecepatan <i>download</i>	45

DAFTAR SIMBOL

Ω	Ohm
ϵ_r	Permitivitas relatif bahan substrat
h	Ketebalan bahan substrat
W_p	Lebar <i>patch</i>
c	Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
f_o	frekuensi resonansi antena
L_p	Panjang <i>patch</i>
ΔL	Pertambahan panjang <i>patch</i>
ϵ_{eff}	Permitivitas relatif efektif
L_{eff}	Panjang <i>patch</i> efektif
L_g	Panjang <i>ground plane</i>
W_g	Lebar <i>ground plane</i>
w_f	Lebar saluran pencatu
L_f	Panjang saluran pencatu
λ_o	Panjang gelombang diruang bebas
λ_g	Panjang gelombang pada bahan
Y_o	Panjang <i>insert feed</i>
Z_{in}	Impedansi antena
R_{in}	Resistansi antena
X_{in}	Reaktansi antena
R_r	Resistansi radiasi antena
R_L	Resistansi rugi-rugi
Γ	Koefisien refleksi tegangan
Z_o	Impedansi karakteristik
f_H	Frekuensi tertinggi
f_L	Frekuensi terendah
G	<i>Gain</i>
η	Efisiensi antena
D	<i>Direktivitas</i> antenna
$^\circ$	Derajat

DAFTAR SINGKATAN

BW	: <i>Bandwidth</i>
SMA	: <i>SubMiniature version A</i>
VSWR	: <i>Voltage Standing Wave Ratio</i>
MIMO	: <i>Multiple Input Multiple Output</i>

